

BOILING WATER REACTOR

Publication number: JP2002365390 (A)

Publication date: 2002-12-18

Inventor(s): SAEKI KIYOBUMI; KOBAYASHI MASAHIRO; NOJIMA HIROYUKI; ISHIBASHI FUMIHIKO

Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- **international:** **G21C5/06; G21C3/322; G21C3/33; G21C7/12; G21C7/16; G21C5/00; G21C3/32; G21C3/33; G21C7/08;** (IPC1-7): G21C5/06; G21C3/322; G21C3/33; G21C7/12; G21C7/16

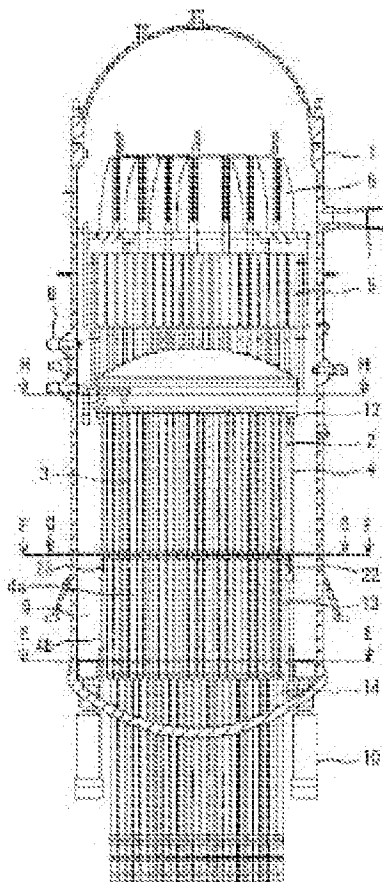
- **European:**

Application number: JP20010169987 20010605

Priority number(s): JP20010169987 20010605

Abstract of **JP 2002365390 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a boiling water reactor, enabling the easy removable of a CRD in an optional position to above the reactor by improving the structural limitation of a fuel support part in a K-lattice core structure reactor. **SOLUTION:** In this boiling water reactor comprising a core, formed by housing two or more fuel assemblies 2 and cross control rods 3 in the core shroud 4 of a reactor pressure vessel 1, a core support member is constituted as an assembly of core support blocks 22 formed of two or more split bodies having a size, capable of passing in the lattice frame internal space of an upper lattice plate 12 and closely laid in the horizontal direction, and the circumference of the assembly of core support blocks is held by a core support ring 23 fixed to the core shroud. Each core support block 22, independently comprises a control rod insert hole and a cooling water passage opening, and it is supported from underside on each upper end of a control rod guide pipe 13, rising from the bottom part side of the reactor pressure vessel.



.....
Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-365390
(P2002-365390A)

(43) 公開日 平成14年12月18日 (2002. 12. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース ⁺ (参考)
G 2 1 C 5/06	G D B	C 2 1 C 5/06	G D B
3/322		7/12	Z
3/33		7/16	K
7/12		3/30	L
7/16			Q
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-169987(P2001-169987)

(22) 出願日 平成13年6月5日 (2001. 6. 5)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 佐伯 清文

神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 小林 雅弘

神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(74) 代理人 100078765

弁理士 波多野 久 (外1名)

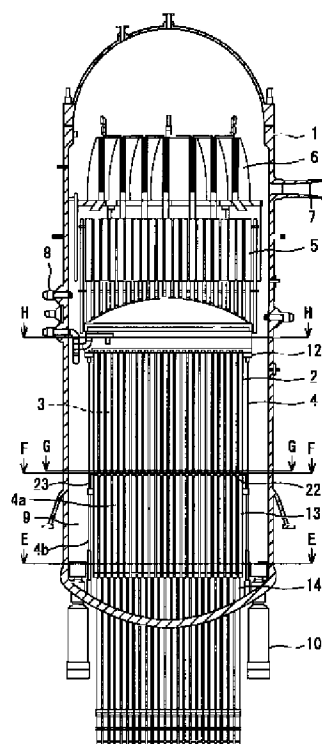
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 沸騰水型原子炉

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 K格子炉心構造原子炉において燃料支持部の構造上の制約を改善し、かつ任意の位置のCRDを容易に原子炉上方に取外することができる沸騰水型原子炉を提供する。

【解決手段】 原子炉压力容器1の炉心シェラウド4内に複数の燃料集合体2および十字型制御棒3を収容して炉心を構成する沸騰水型原子炉において、炉心支持部材は、上部格子板12の格子枠内空間を通過し得る大きさの複数の分割体からなる炉心支持ブロック22を水平方向に敷き詰めた集合体として構成するとともに、その炉心支持ブロックの集合体の周囲を炉心シェラウドに固定された炉心支持リング23によって保持させる。かつ各炉心支持ブロック22は、個々に制御棒挿通孔および冷却水通過用の開口を有するとともに、原子炉压力容器底部側から立上る制御棒案内管13の上端にそれぞれ下方から支持させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原子炉压力容器の炉心シュラウド内に複数の燃料集合体および十字型制御棒を収容して炉心を構成し、前記制御棒を正方格子状に配置するとともに正方格子の対角位置にも配置して千鳥型配置とし、かつ前記燃料集合体の上端を前記炉心シュラウドの上部位置に設けた正方格子状の上部格子板によって支持する一方、下端を前記炉心シュラウドの下部位置に設けた炉心支持部材によって支持する構成とし、前記炉心支持部材は、前記燃料集合体に冷却水を下方から供給するための差圧壁として機能させる沸騰水型原子炉において、前記炉心支持部材は、前記上部格子板の格子枠内空間を通過し得る大きさの複数の分割体からなる炉心支持ブロックを水平方向に敷き詰めた集合体として構成するとともに、その炉心支持ブロックの集合体の周囲を前記炉心シュラウドに固定された炉心支持リングによって保持させ、かつ前記各炉心支持ブロックは、個々に制御棒挿通孔および冷却水通過用の開口を有するとともに、前記原子炉压力容器底部側から立上る制御棒案内管の上端にそれぞれ下方から支持させたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項2】 請求項1記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックは平面視で四角形状をなすとともに、その側辺の中央部に冷却水通過用の開口として半円弧状の切欠きを有し、かつ対角線方向を十字型制御棒のブレード方向に一致させて配置したものであることを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項3】 請求項1または2記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの上面に、制御棒が挿通し得る孔と冷却水を供給するための通路とを有する燃料支持金具を搭載したことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項4】 請求項3記載の沸騰水型原子炉において、燃料支持金具は、炉心支持ブロックの開口内に挿入し得る下向きの円筒を有し、この円筒の内部に冷却水流量調整用のオリフィスを設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項5】 請求項3または4記載の沸騰水型原子炉において、燃料支持金具の直下に位置する炉心支持ブロックの上面に凹部を設けるとともに、前記燃料支持金具の下面に前記凹部に対応する凸部を設け、これら凹部と凸部との嵌合により前記炉心支持ブロックと前記燃料支持金具とを位置決めしたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項6】 請求項3から5までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの上面に制御棒ブレードが挿通される十字型の枠およびこの枠の外側方に突出する突起を設け、かつ前記燃料支持金具の側面には前記突起と取合う溝を設け、これら溝と突起とを前記燃料支持金具の上方からの下降設置時におけるスライド用位置決め部としたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項7】 請求項1から6までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、各炉心支持ブロックが相互に接触する面、燃料支持金具の円筒と炉心支持ブロックの開口とが接触する面、またはこれらの両接触面に、ラビリンスによるシール構造、段差によるシール構造またはシールリングによるシール構造を設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項8】 請求項1から7までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、全ての炉心支持ブロック、または燃料支持金具の直下に位置する一部の炉心支持ブロックに、当該ブロックの側辺の中央位置に燃料集合体が設置可能な円形開口を形成する半円筒状の突出部を設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【請求項9】 請求項1から8までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの下方位置に制御棒案内管と取合う水平な支持格子を設け、この支持格子を炉心シュラウドに固定支持させたことを特徴とする沸騰水型原子炉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は原子炉压力容器の炉心部に制御棒を千鳥型に配置する沸騰水型原子炉に係り、特に一部の燃料および炉心機器を取外すことで任意の位置の制御棒駆動機構（以下「CRD」と記す。）を原子炉上方に抜き取り、メンテナンスできる構成の炉内構造物を有する沸騰水型原子炉に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、沸騰水型原子炉では原子炉压力容器内の炉心を構成する十字型制御棒を炉心水平断面に対して格子状に配列するのが一般的である。

【0003】まず、図12によって、このような制御棒配置を有する改良型沸騰水型原子炉の原子炉压力容器の構成について説明する。

【0004】原子炉压力容器1内には、減速材を兼ねる冷却水および炉心が収容されている。この炉心は複数の燃料集合体2および制御棒3等から構成され、炉心シュラウド4内に収容されている。冷却材は、原子炉压力容器2の底部から炉心を上方に向かって流通し、炉心を通過する際、炉心の核反応熱により昇温して気液二相流状態となる。二相流状態となった冷却材は、炉心の上方に設置された気水分離器5内に流入し、ここで水と蒸気とに分離される。このうち、蒸気は気水分離器5上に設置された蒸気乾燥器6内に導入され、乾燥されて乾き蒸気となる。この乾き蒸気は、原子炉压力容器1に接続された主蒸気管7を介して図示しない蒸気タービンに移送され、発電に供される。

【0005】その後、蒸気は図示しない復水器、給水加熱器等を経由して、原子炉压力容器1内に給水スパーチャ8を介して戻され、気水分離器5で分離された水とともに、ダウンカマ9を降下する。冷却水は、さらに原子

炉压力容器2の下部に環状に設置されたインターナルポンプ10で昇圧後炉心下部に送られ、上昇流となり再び炉心に供給される。一方、燃料集合体2を収納する炉心シュラウド4内には、燃料下部の位置に炉心支持部材として炉心支持板11が設置され、また炉心シュラウド4の上部に上部格子板12が設置されている。これらの炉心支持板11および上部格子板12は炉心シュラウドに強固に固定され、通常においては原子炉定期検査の際に燃料集合体2や制御棒3を抜き取る場合でも固定されたままである。

【0006】図13は、図12に示した原子炉压力容器1内における炉心シュラウド4内での燃料集合体2の支持構成を示している。この図13に示すように、炉心支持板11は炉心支持金具15を保持するための多数の円形孔11aを有する上板11bを有し、この上板11bの周囲に設けた図示しない保持リングにより炉心シュラウド4に固定されている。燃料支持金具15には、燃料集合体2を搭載保持するとともに冷却水を供給するための孔15aが開けられ、また制御棒3を挿通する孔15bが開けられている。制御棒3は制御棒案内管13によって周囲を案内されるようになっており、この制御棒案内管13は炉心支持板11の上板11bの孔11aを貫通して炉底部のCRDハウジング14上に設置されている。この制御棒案内管13の上部に、燃料集合体2を4体ずつ支える燃料支持金具15が挿入設置されている。これにより、燃料集合体2の横方向の支持は上部格子板12と炉心支持板11とによって行われ、燃料支持金具15、制御棒案内管13およびCRDハウジング14が燃料集合体2の重量を支持している。

【0007】そして、上述したように、制御棒案内管13内には制御棒3が収納されるとともに、CRDハウジング14内にはCRD（図示していない）が収納されており、CRDにより制御棒3が炉心に挿入・引抜きされ、燃料集合体2の燃焼度の制御を行っている。

【0008】ここで、燃料の燃焼度を増加させ、原子炉の単位容積当たりの出力を増す手段として、燃料集合体2を大型化し、燃料格子のサイズを増加させる一方で、上述した従来の沸騰水型原子炉における正方格子状（基盤型）に配置した制御棒（このような配置を以下、「C格子」という）に加え、さらに対角位置に新たに制御棒を配置した千鳥型配置（このような配置を以下、「K格子」という）とし、燃料設計における制御棒価値を高める手段が考えられている。

【0009】図14は、このようなK格子炉心を採用した大容量型の沸騰水型原子炉構造を示し、図15は14図の各エレベーション毎の4つの横断面（A-A線断面、B-B線断面、C-C線断面およびD-D線断面）の形状を各象現に分けて示している。

【0010】図15の第1象現には図14のA-A線断面に対応するCRDハウジング14の配置を示してお

り、第4象現にはB-B線断面に対応する制御棒案内管13の断面および配置を示している。また、第3象現にはC-C線断面に対応する炉心支持板11の下部断面構造を示しており、第2象現にはD-D線断面に対応する炉心支持板11の上板11bの構造を示している。

【0011】K格子炉心では、制御棒3が千鳥状配置で接近するため、制御棒案内管13を十字型の制御棒3を包絡する円筒形状とした場合、制御棒案内管13同士が互いに干渉し合って間隔的に配置することができない。このため、K格子炉心では、図15のB-B線断面領域に示すように、制御棒案内管13を十字型の断面形状としている。これにより、制御棒案内管13が図15のC-C線断面領域および図14に示すインコア案内管16や、インコア案内管16を保持するインコアスタビライザー17および炉心支持板11を補強するクロスビーム18と干渉することを回避している。

【0012】一方、これまでに考えられたK格子炉心では炉心支持板11の上板11bに、図15のD-D線断面領域に示すように、制御棒および燃料集合体の引抜きを可能とするために円形孔19と十字型の孔20とが穿設されている。円形孔19はD-D線断面領域の一部に参考として示すように、上部格子板12の格子21の枠内空間に位置し、また十字型の孔20は、格子21の交点直下に位置している。このような構成の下で、図12に示した燃料支持金具15と同様の燃料支持金具が、同じく図12に示した炉心支持板11と同様の炉心支持板の円形孔19に挿入されている。そして、C格子炉心と同様に、燃料支持金具15はその下部で十字型の制御棒案内管13と接続されて燃料集合体2の重量を支持し、炉心支持板11の十字型の孔20には十字型の制御棒案内管13が貫通し、この位置では燃料を支持しない構成となっている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】K格子炉心に炉心支持板11を用いた燃料支持方式を適用した場合、図15の第2象現（D-D線断面）に示したように、炉心支持板11の上板の開口面積が大きく、上板のリガメントが小さくなって、上板の強度を確保することが非常に困難である。

【0014】また、炉心支持板11の上板11bの十字型の孔20に位置する制御棒案内管13については、運転中に作用する外圧により制御棒案内管13が内側に変形し、炉心支持板11との取合い部におけるバイパスリークが増加してしまう。

【0015】さらに、当該位置の制御棒案内管13については、取付けおよび取り外し時に炉心支持板11の十字型の孔20を通過する必要があるため、制御棒案内管13の全長にわたり高い寸法精度を確保する必要があるという問題があった。

【0016】また、CRDは、定期検査時のメンテナン

ス作業においては、CRDハウジング14との締結を解除後に原子炉压力容器1の下方に抜取り補修室でメンテナンスを受け、再びCRDハウジングに装着される方法を取っている。これに対し、従来ではC格子炉心を有する原子炉構成において、CRDを原子炉压力容器の上方に引抜くことができる構成とし、上方の引抜きによる作業の容易化を図る技術が提案されている（例えば特開2000-214288号公報）。

【0017】しかし、このような技術をK格子炉心に適用した場合、格子の直下に位置するCRDは炉心支持板の十字型開口部を通過し得ず、さらに、中心部をCRDが通過し得る寸法まで広げたとしても、CRD全長は上部格子板の格子下面から炉心支持板の上板までの寸法より約1m長く、このため従来のK格子炉心構造では、上引抜きCDの概念を適用することはできなかった。

【0018】本発明は、上記のような問題を解決し、K格子炉心構造原子炉において燃料支持部の構造上の制約を改善し、かつ任意の位置のCRDを容易に原子炉上方に取外すことができる沸騰水型原子炉を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明では、原子炉压力容器の炉心シュラウド内に複数の燃料集合体および十字型制御棒を収容して炉心を構成し、前記制御棒を正方格子状に配置するとともに正正方格子の対角位置にも配置して千鳥型配置とし、かつ前記燃料集合体の上端を前記炉心シュラウドの上部位置に設けた正正方格子状の上部格子板によって支持する一方、下端を前記炉心シュラウドの下部位置に設けた炉心支持部材によって支持する構成とし、前記炉心支持部材は、前記燃料集合体に冷却水を下方から供給するための差圧壁として機能させる沸騰水型原子炉において、前記炉心支持部材は、前記上部格子板の格子枠内空間を通過し得る大きさの複数の分割体からなる炉心支持ブロックを水平方向に敷き詰めた集合体として構成するとともに、その炉心支持ブロックの集合体の周囲を前記炉心シュラウドに固定された炉心支持リングによって保持させ、かつ前記各炉心支持ブロックは、個々に制御棒挿通孔および冷却水通過用の開口を有するとともに、前記原子炉压力容器底部側から立上る制御棒案内管の上端にそれぞれ下方から支持させたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0020】請求項2に係る発明では、請求項1記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックは平面視で四角形状をなすとともに、その側辺の中央部に冷却水通過用の開口として半円弧状の切欠きを有し、かつ対角線方向を十字型制御棒のブレード方向に一致させて配置したものであることを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0021】請求項3に係る発明では、請求項1または2記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの

上面に、制御棒が挿通し得る孔と冷却水を供給するための通路とを有する燃料支持金具を搭載したことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0022】請求項4に係る発明では、請求項3記載の沸騰水型原子炉において、燃料支持金具は、炉心支持ブロックの開口内に挿入し得る下向きの円筒を有し、この円筒の内部に冷却水流量調整用のオリフィスを設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0023】請求項5に係る発明では、請求項3または4記載の沸騰水型原子炉において、燃料支持金具の直下に位置する炉心支持ブロックの上面に凹部を設けるとともに、前記燃料支持金具の下面に前記凹部に対応する凸部を設け、これら凹部と凸部との嵌合により前記炉心支持ブロックと前記燃料支持金具とを位置決めしたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0024】請求項6に係る発明では、請求項3から5までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの上面に制御棒ブレードが挿通される十字型の枠およびこの枠の外側方に突出する突起を設け、かつ前記燃料支持金具の側面には前記突起と取合う溝を設け、これら溝と突起とを前記燃料支持金具の上方からの下降設置時におけるスライド用位置決め部としたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0025】請求項7に係る発明では、請求項1から6までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、各炉心支持ブロックが相互に接触する面、燃料支持金具の円筒と炉心支持ブロックの開口とが接触する面、またはこれらの両接触面に、ラビリンスによるシール構造、段差によるシール構造またはシールリングによるシール構造を設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0026】請求項8に係る発明では、請求項1から7までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、全ての炉心支持ブロック、または燃料支持金具の直下に位置する一部の炉心支持ブロックに、当該ブロックの側辺の中央位置に燃料集合体が設置可能な円形開口を形成する半円筒状の突出部を設けたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0027】請求項9に係る発明では、請求項1から8までのいずれかに記載の沸騰水型原子炉において、炉心支持ブロックの下方位置に制御棒案内管と取合う水平な支持格子を設け、この支持格子を炉心シュラウドに固定支持させたことを特徴とする沸騰水型原子炉を提供する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る沸騰水型原子炉の一実施形態について、図1～図11を参照して説明する。なお、従来例と同一の構成部分については、図12～図15に示した符号と同一の符号を使用して説明する。

【0029】（全体構成）図1は本実施形態による原子

炉圧力容器の全体構成を示す縦断面図であり、図2は、図1における各エレベーション毎の横断面（E-E線断面、F-F線断面、G-G線断面およびH-H線断面）形状を各象現として示す図である。

【0030】図1に示すように、本実施形態の原子炉圧力容器1においては、原子炉圧力容器1内に、減速材を兼ねる冷却水および炉心が収容されている。この炉心は複数の燃料集合体2および制御棒3等から構成され、炉心シュラウド4内に収容されている。冷却材は、原子炉圧力容器2の底部から炉心を上方に向かって流通し、炉心を通過する際、炉心の核反応熱により昇温して気液二相流状態となる。二相流状態となった冷却材は、炉心の上方に設置された気水分離器5内に流入し、ここで水と蒸気とに分離される。このうち、蒸気は気水分離器5上に設置された蒸気乾燥器6内に導入され、乾燥されて乾き蒸気となる。この乾き蒸気は、原子炉圧力容器1に接続された主蒸気管7を介して図示しない蒸気タービンに移送され、発電に供される。

【0031】その後、蒸気は図示しない復水器、給水加熱器等を経由して、原子炉圧力容器1内に給水スパーチャ8を介して戻され、気水分離器5で分離された水とともに、ダウンカマ9を降下する。冷却水は、さらに原子炉圧力容器2の下部に環状に設置されたインターナルポンプ10で昇圧後炉心下部に送られ、上昇流となり再び炉心に供給される。

【0032】このような構成において、本実施形態では、燃料集合体2を収納する炉心シュラウド4内に、燃料下部位置に炉心支持部材として後述する炉心支持ブロック22の集合体が設置され、また燃料シュラウド4の上部に上部格子板12が設置されている。

【0033】図2の第1象現はE-E線断面で、制御棒案内管の形状、配置を示しており、第2象現はF-F線断面で、制御棒案内管の頂部での構造を示している。第3象現はG-G線断面で燃料集合体下端の支持構造を示しており、第4象現はH-H線断面で上部格子板の格子配置を示している。

【0034】図2のE-E線断面領域に示したように、制御棒案内管13は十字型の形状としてあり、下端はCRDハウジング14内で軸方向に支持されている。また、図2のF-F線断面領域に示すように、制御棒案内管13の頂部に四角形の炉心支持ブロック22が取付けられている。炉心支持ブロック22は、上部格子板12の格子枠内空間を通過し得る大きさの複数の分割体からなり、この炉心支持ブロック22を水平方向に敷き詰めた集合体として構成されている。炉心支持ブロック22の集合体の周囲は、炉心シュラウド4に固定された炉心支持リング23によって保持される。また、各炉心支持ブロック22は、個々に制御棒挿通孔および冷却水通過用の開口を有するとともに、原子炉圧力容器1の底部側から立上る制御棒案内管13の上端にそれぞれ下方から

支持される。炉心支持ブロック22は上述したように、平面視で四角形状をなすとともに、その側辺の中央部に冷却水通過用の開口として半円弧状の切欠きを有し、かつ対角線方向を十字型制御棒のブレード方向に一致させて配置される。

【0035】詳述すると、四角形の炉心支持ブロック22の対角線は、F-F線断面領域に示すように、制御棒3のブレードの方向に合わせており、これにより炉心支持ブロック22は、図中の上部格子板の格子21（部分的に示す）の枠内を通過する形状となっている。炉心支持ブロック22は、従来の炉心支持板の上板が設置される位置で図2のF-F線断面領域に示すように、一面に敷き詰められ、最外周で炉心支持リング23により保持されている。炉心支持リング23は、炉心シュラウド4にスタッドボルト等によって締結され、固定されている。さらに、炉心支持ブロック22の一辺の中央には半円弧の切欠き22aが設けられ、これにより上下方向に沿う冷却水通過用の開口が形成されている。そして、隣り合う炉心支持ブロック22により、冷却水の流路となる円筒形状の孔が形成されている。

【0036】このような構成の炉心支持ブロック22のうち、図2のF-F線断面領域に示すように、上部格子板12の格子21の枠内空間に位置する炉心支持ブロック22には、図2のG-G線断面領域に示すように、燃料支持金具15aが設置され、この燃料支持金具15a上に燃料集合体2が設置されている。図2のH-H線断面領域には、上部格子板位置での断面構造が示しており、制御棒3は格子枠内空間と格子の交点直下（図示していない）にも配置されている。

【0037】このような構成により、原子炉圧力容器1の下部プレナム部4aでは、炉心シュラウド4の下部胴4bと炉心支持ブロック22および炉心支持リング23とにより、差圧壁が形成されている。そして、インターナルポンプ10により加圧されて供給される冷却水は、炉心支持ブロック22の開口を通り燃料集合体2に供給される。また、本実施形態においては、上部格子板12の格子21の枠内開口および格子21の交点直下の両タイプの制御棒案内管13とも、同形状の炉心支持ブロック22を頂部に有し、これが差圧壁を形成する部位の補強の役割を果たしている。これにより、従来構造に見られた炉心支持板11および制御棒案内管13の強度上の問題、制御棒案内管13の変形、寸法精度の制約等の問題が解消される。

【0038】図3は炉心支持ブロック22に燃料支持金具15aを載置した状態を示す拡大平面図であり、図4は図3のI-I線断面による燃料集合体2の下端部の支持構造を示している。

【0039】これらの図に示すように、燃料支持金具15aの下端には4本の円筒15bが設けられ、これらの円筒15bは炉心支持ブロック22の各辺に形成された

開口に挿入設置されている。各円筒15b内部には、流量調整用のオリフィス15cが設置され、燃料支持金具15aに導入される冷却水が炉内にて均等に流れるようになっている。燃料支持金具15aが設置されない炉心支持ブロック22については、その上面側に、制御棒3をガイドするため燃料支持金具15aの高さに相当する十字型の枠22bが立設されている。

【0040】さらに、図3および図4の右半に示すように、燃料支持金具15aの直下に位置する炉心支持ブロック22の上面には、中心部が窪む例えば円形状の凹部22cが設けられ、この凹部22cに取合う凸部15eが燃料支持金具15aの下面に設けられ、これら凹凸部12c、15eを嵌め合わせることで、燃料支持金具15aが炉心支持ブロック22の中心に位置決めされるとともに地震荷重等の横荷重が燃料支持金具15aに作用した時のずれを防止するようになっている。

【0041】また、燃料支持金具15aの対角線方向に位置し、かつ燃料支持金具15aが設置されない炉心支持ブロック22の上面には、十字型の枠22bの外側面から水平に突出する突起22dが設けられ、一方、この突起22dと相対する位置の燃料支持金具15aの側面部には、突起22dと係合する溝15dが設けられている。そして、燃料支持金具15aを遠隔操作によって炉心支持ブロック22上に設置する際に、これら突起22dと溝15dとを係合させることにより、上方よりの下降位置決め用のガイドとして適用することにより、燃料支持金具15aを規定の角度に据え付けることができる。

【0042】図5～図7は、炉心支持ブロック22相互間および炉心支持ブロック22と燃料支持金具15aとが取合う面内でのシール構造を例示している。

【0043】図5は炉心支持ブロック22同士の隣接面間をシールするもので、例えば隣接する炉心支持ブロック22の一方の外側面にラビリンス24を設けたシール構造を示している。

【0044】また、図6は、炉心支持ブロック22の隣接する側面に、互いに取合う段差25を設けるシール構造を示している。

【0045】これらの構造を適用することにより、炉心支持ブロック22の上下接触面からの冷却材のバイパスリーク量を抑制することが可能となる。

【0046】なお、図5および図6に示したリーク抑制のための構造は、炉心支持ブロック22の開口と燃料支持金具15aの円筒との取合い面にも適用可能である。

【0047】図7は、炉心支持ブロック22と燃料支持金具15aとが取合う孔のシール構造を示している。この図7の例では、シールリング26を燃料支持金具15aの外周部のリング状の溝に嵌合させ、その両側に配置される炉心支持ブロック22の外側面にリング26を接する状態として、両者間の隙間をシールするようにして

いる。

【0048】図8は炉心支持ブロック22の他の構成例を示している。この炉心支持ブロック22は、燃料支持金具15aの直下に位置するものを対象としている。即ち、炉心支持ブロック22の一辺の中央に、図8に示すように、半円筒状の突出部27が設けてあり、その内側に円形の開口が形成されるようにしている。このような構成によると、燃料支持金具15aはその直下の炉心支持ブロック22とのみ取合うため、炉心支持ブロック22と燃料支持金具15aとの取合い部の隙間に対する管理が容易となり、炉心支持ブロック22からのリーク量抑制に有効なものとなる。なお、このような炉心支持ブロック22では、半円筒状の突出部27によって燃料集合体2を保有することができるので、燃料支持金具15aを削除し、燃料集合体2を直接このような炉心支持ブロック22上に設置する構成として実施することが可能である。

【0049】図9は、支持ブロック22の燃料下部支持構造の構成例を示す平面図であり、図10は図9のJ-J線断面図である。この例では、炉心支持ブロック22の下方位置で、炉心シュラウド4等に固定された正方格子状の支持格子28が設けられている。この支持格子28の格子部分には、制御棒案内管13の外周一部に水平に突出した突起13aが、格子内隅角部と接合状態で取合うようになっている。

【0050】このような構成によれば、支持格子28により制御棒案内管13の位置決めおよび水平方向の移動の拘束がなされ、制御棒案内管13の据付け、取外し時の作業性の向上と耐震性の向上が図られる。

【0051】なお、支持格子28は前述した炉心支持リング23に固定してもよく、また炉心シュラウド4に固定してもよい。

【0052】また、本実施形態では、支持格子28の交点部分に上下方向に沿うガイド孔を形成することにより、例えば、図14および図15に示した従来構成のように、インコア案内管16を保持するインコアスタビライザー17としての機能をも併用させることが可能である。

【0053】なお、本実施形態においては、炉心支持ブロック22の構成材料として、オーステナイト系ステンレス鋼が適用されている。また炉心支持リング23については、オーステナイト系ステンレス鋼よりも熱膨張率の小さいニッケル基合金鋼が適用されている。このような材料構成とすることにより、原子炉圧力容器1内が通常運転で高温状態になった際、熱膨張差により炉心支持リング23が炉心支持ブロック22を外周から締付ける状態とすることができ、炉心支持ブロック22が運転中に、がたを発生することがなく、安定した固定状態に保持することが可能となる。

【0054】図11(A)～(E)は、上述した構成に

において、燃料集合体2、制御棒3、燃料支持金具15a、制御棒案内管13およびCRD29等を定期検査等の際に原子炉压力容器1の上方に引抜く作用を手順に沿って示す説明図である。特に同図は、取り外しが困難な上部格子板12の交点直下のCRD29を取外す場合の手順について示している。

【0055】まず、原子炉压力容器1の上部蓋および蒸気乾燥器6、気水分離器5等の炉内構造物を取外して炉外に撤去した後、図11(A)に示すように、引抜き対象となるCRD29の上方位置の燃料集合体2を図示しないクレーン等によって上方に取外し、次に図11

(B)に示すように、制御棒3を取外す。この場合、引抜き対象となる上部格子板12の格子21の交点直下に配置されている制御棒3について、図11(B)に示すように、予め燃料支持金具15a上で水平移動を行い、格子21の交点をかわした後に引き上げる。

【0056】次に図11(C)に示すように、制御棒案内管13に載置されている燃料支持金具15aを取外す。その後、CRD29を原子炉压力容器1の下方において回転することにより、制御棒案内管13とCRD29との結合を解除し、図11(D)に示すように、炉心支持ブロック22と一体で制御棒案内管13を上方に抜取る。これにより、炉心部においては、CRD29の上方空間が開放状態となる。そこで、図11(E)に示すように、最終的に、CRD29を引抜き、上部格子板12の下方位置で格子21の枠内空間位置に水平移動し、原子炉压力容器1の上方に引抜く。これにより、上部格子板12の格子21の交点位置に配置されている制御棒3、燃料支持金具15a、炉心ブロック22、制御棒案内管13およびCRD29を全て原子炉压力容器1の上方に引抜き、取り外しを完了することができる。

【0057】CRDの復旧は、取り外しと逆手順で実施可能である。

【0058】以上の実施形態によれば、炉心の水平断面で十字型制御棒3を千鳥型に配置し、かつその制御棒3を炉底部側にて昇降可能に支持するCRD29および制御棒案内管13を原子炉压力容器1の上方に引抜き可能とした構成の沸騰水型原子炉において、制御棒案内管13の各頂部にそれぞれ燃料集合体支持用の炉心支持ブロック22を相互に隣接させて、かつ着脱可能に取付け、これら炉心支持ブロック22の集合体の最外周を、炉心シュラウド4に固定される炉心支持リング23で囲むことにより、燃料集合体2に冷却水を供給するための差圧壁を形成することにより、燃料支持金具15aとその下方の炉心支持ブロック22とを取外すことで、CRD29を原子炉压力容器1の上方に引抜くことが可能となる。

【0059】また、炉心支持ブロック22は、その上面に設置され、かつ冷却水を供給するための通路を有する燃料支持金具15aを介して燃料集合体2を保持する構

成とすることにより、熱変形による冷却水のバイパスリークを生じることを防止することができる。

【0060】また、炉心支持ブロック22を平面視で四角形とし、その対角線を制御棒3のブレードの方向に一致させ、一辺の中央部に半円弧状の開口を設けたことにより、炉心支持ブロック22は上部格子板12の格子21の交点の直下、格子枠内空間に配置するものを同一の形状とすることができ、上部格子板12の枠内を通過し得る寸法となる。また、炉心支持ブロック22は制御棒案内管13の補強の役割も果たすことができる。

【0061】また、燃料支持金具15aの下端に炉心支持ブロック22の開口に挿入し得る4本の円筒15bを設け、この各円筒15bの内部に冷却水流量調整用のオリフィス15cをそれぞれ設置したことにより、各燃料集合体2ごとに冷却水の通路が確保され、燃料配置に応じてオリフィス寸法を変えることにより、冷却水流量の均一化が図られる。

【0062】また、燃料支持金具15aの直下に位置する炉心支持ブロック22の上面に凹部22cを設けるとともに、燃料支持金具15aの下面には凹部22cに対応する凸部15eを設け、これら凹部22cと凸部15eとを介して炉心支持ブロック22と燃料支持金具15aとを嵌合させることにより、燃料支持金具15aは炉心支持ブロック22に対し位置決めがなされるときも、地震時に燃料支持金具15aが横ずれすること等を防止することができる。

【0063】また、燃料支持金具15aの対角位置に配置される炉心支持ブロック22の上面に十字型の枠22bとを設けることにより、この枠22bに突起22dを設け、燃料支持金具15aの側面に突起22dと取合う溝15dを設け、燃料支持金具15aを上方より設置する際、溝15dに突起22dがスライドし得る構成としたことにより、燃料支持金具15aを上方より設置する際の方位の基準として、運転中の回転を防止することができる。

【0064】また、炉心支持ブロック22が相互に接触する面内および燃料支持金具15aの円筒15bと炉心支持ブロック22の開口とが接触する面内の2箇所のうち、いずれか1箇所または2箇所において、ラビリンス24によるシール、段差25またはピストンリング26でシールすることにより、炉心支持ブロック22と燃料支持金具15aとの接触面からの冷却材のリーク量を抑制することができる。

【0065】また、燃料支持金具15aの直下に位置する炉心支持ブロック22については、四角形の一辺の中央に円形の開口が存するように半円筒状の突起部27を設けたことにより、燃料支持金具15aはその直下に位置する燃料支持ブロック22とのみ取合うことが可能となり、炉心支持リング23と燃料支持金具15aとの取合い部の隙間を少なくし、冷却材のリーク量を抑制する

ことができる。

【0066】また、炉心支持ブロック22の開口に直接燃料集合体2を設置する構成とした場合には、炉心支持構造物の部品数を削減することができる。

【0067】また、炉心支持ブロック22の下方において、炉心シュラウド4に支持され、制御棒案内管13と取合う支持格子28を設置することにより、炉心支持ブロック22により制御棒案内管13の位置決めと水平方向移動の拘束が行える。

【0068】また、炉心支持ブロック22の材料としてオーステナイト系ステンレス鋼を用い、また炉心支持リングの材料としてニッケル基合金鋼を用いることにより、熱膨張率の差に基づいて、原子炉高温運転時に炉心支持リング23で炉心支持ブロック22を押付け、隙間を吸収することが可能となる。

【0069】さらに、CRD29として原子炉上方に引上げ可能なタイプのものを組合わせることにより、原子炉下部に取り外しを行う従来タイプに比べ、压力容器下部の空間を削減でき、原子炉建屋の高さ低減、耐震性の向上が図られる。

【0070】

【発明の効果】以上で詳述したように、本発明に係る沸騰水型原子炉によれば、K格子炉心を適用した炉内構造における各構造物の強度、寸法等に係る制約を撤去することができるとともに、任意の位置のCRDを、その上方に位置する燃料集合体、制御棒、燃料支持金具、制御棒案内管および炉心支持ブロックとともに原子炉上方に取り外すことができる。したがって、K格子型の炉心に対し、上引抜きCRDの概念を適用することが可能となり、CRD本体を原子炉压力容器の下方で挿入、引抜するための空間が不要となり、原子炉建屋高さの低減、これに伴う物量の低減ならびに耐震性の向上等も図れる等の効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る沸騰水型原子炉の原子炉内構造物の構成を示す全体断面図。

【図2】図1のE-E線、F-F線、G-G線およびH-H線に沿う原子炉内構造物を象現に分けて示した拡大断面図。

【図3】図2に示した炉心支持ブロックおよび燃料支持金具を示す拡大平面図。

【図4】図3のI-I線断面図。

【図5】本発明の一実施形態における炉心支持ブロックの接触面シール構造の一例を示す拡大断面図。

【図6】図5に示したシール構造の他の構成例を示す拡大断面図。

【図7】図5および図6に示したシール構造と異なる別の構成例を示す拡大断面図。

【図8】本発明における炉心支持ブロックの他の構成例を示す平面図。

【図9】本発明における炉心支持ブロックの下部構造物の構成を示す平面図。

【図10】図9のJ-J線断面図。

【図11】(A)～(E)は上記実施形態におけるCRDの取り外し手順を示す説明図。

【図12】従来のC型炉心を適用した原子炉压力容器を示す全体断面図。

【図13】図12に示した従来の炉心支持構造物を拡大して示す斜視図。

【図14】大型炉心を適用した従来の大容量の原子炉压力容器を示す全体断面図。

【図15】図14のA-A線、B-B線、C-C線およびD-D線に沿う原子炉内構造物を象現に分けて示した拡大断面図。

【符号の説明】

2 原子炉压力容器

4 炉心シュラウド

13 制御棒案内管

15a 燃料支持金具

15b 円筒

15c オリフィス

15d 溝

22 炉心支持ブロック

22a 切欠き

22b 十字型の枠

22c 凹形状となる段差

22d 突起

23 炉心支持リング

24 ラビリンス

25 段差

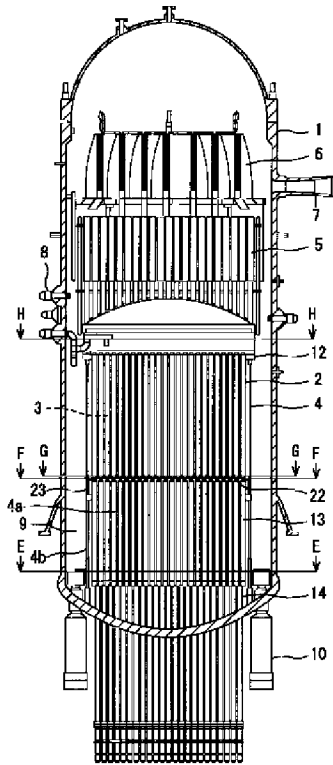
26 ピストンリング

27 突出部

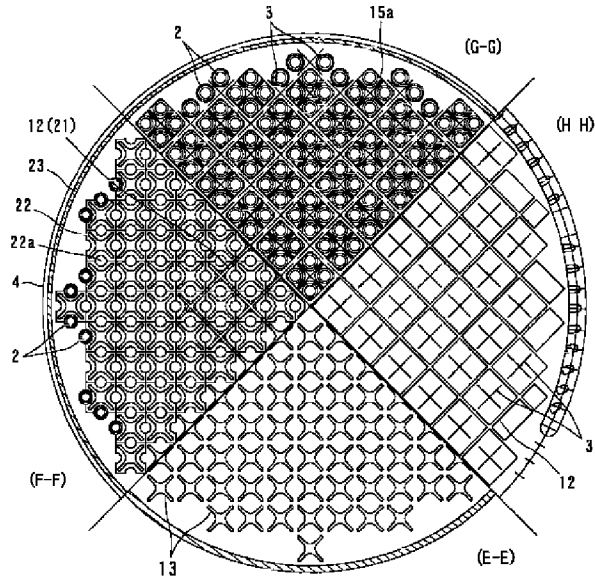
28 支持格子

29 制御棒駆動機構(CRD)

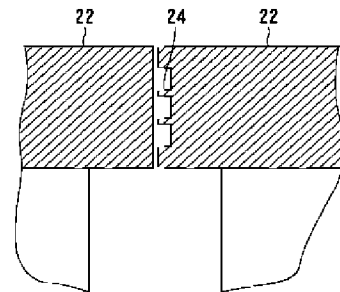
【図1】



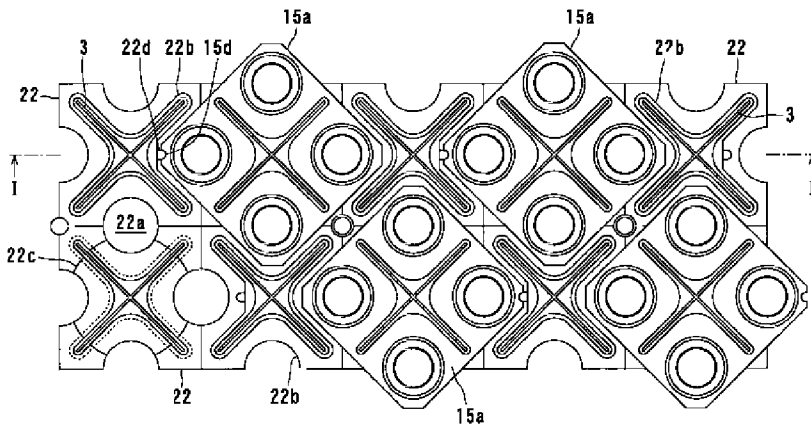
【図2】



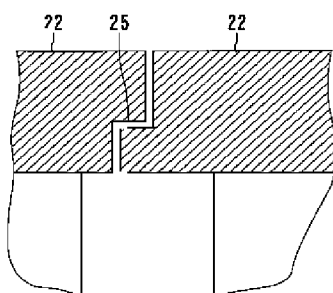
【図5】



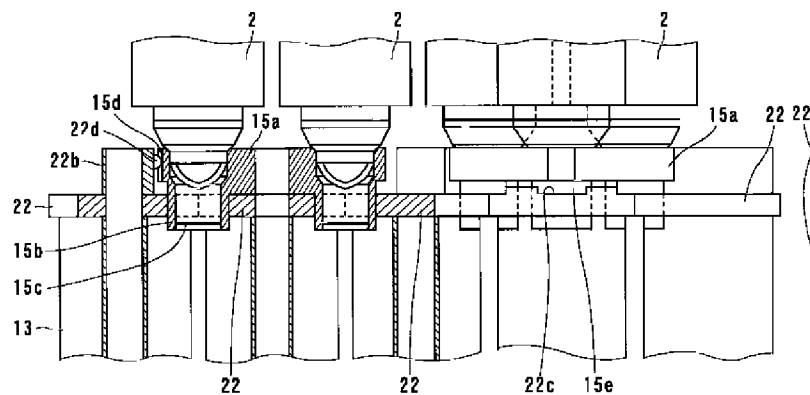
【図3】



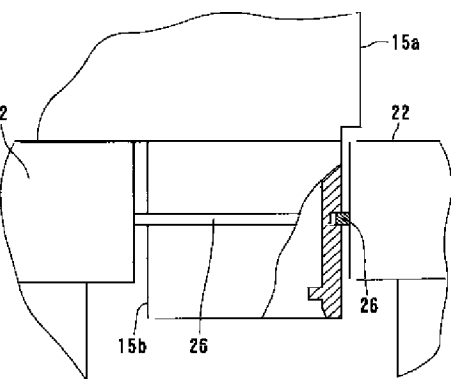
【図6】



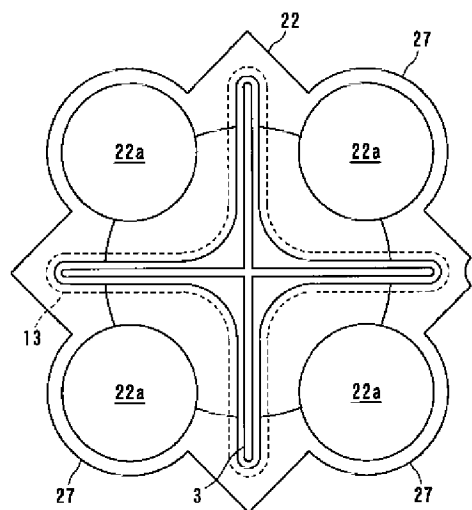
【図4】



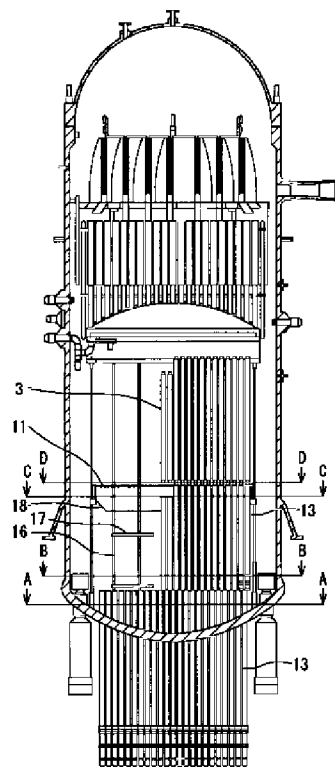
【図7】



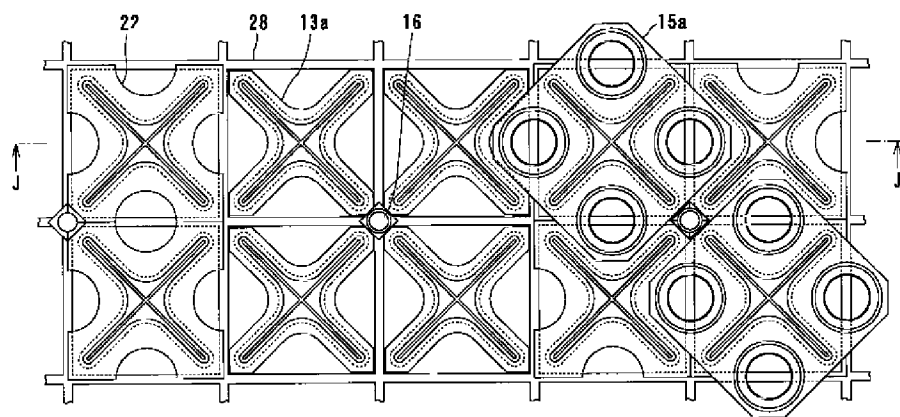
【図8】



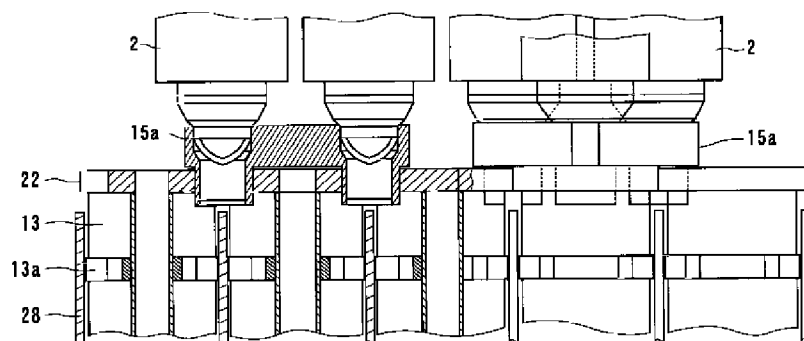
【図14】



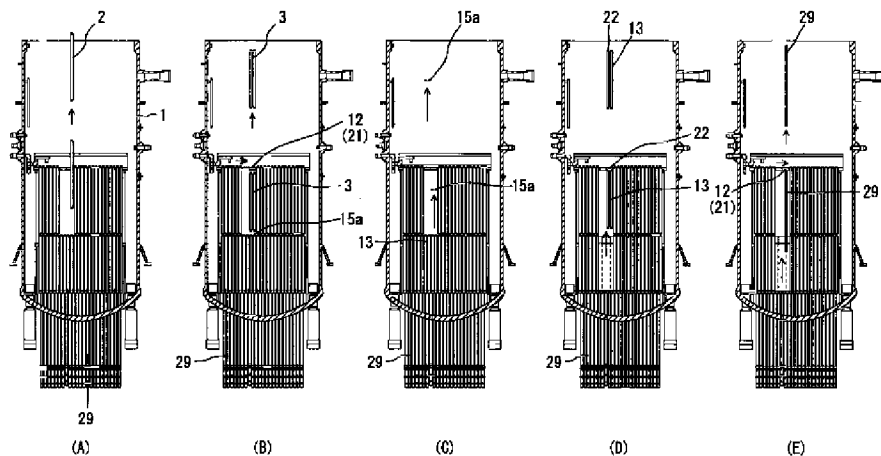
【図9】



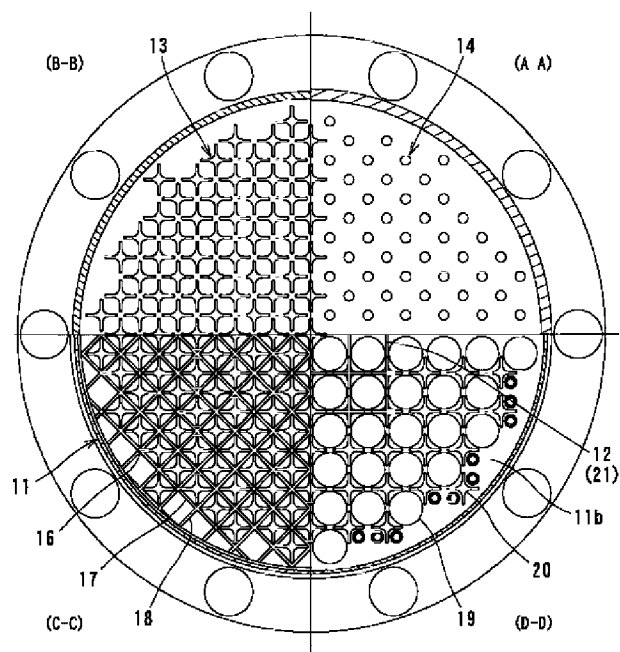
【図10】



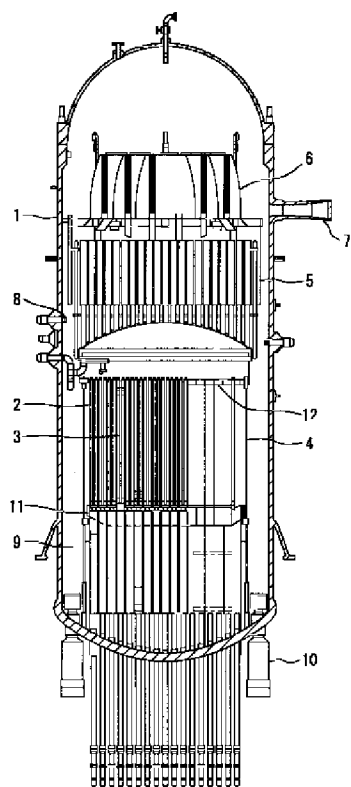
【図11】



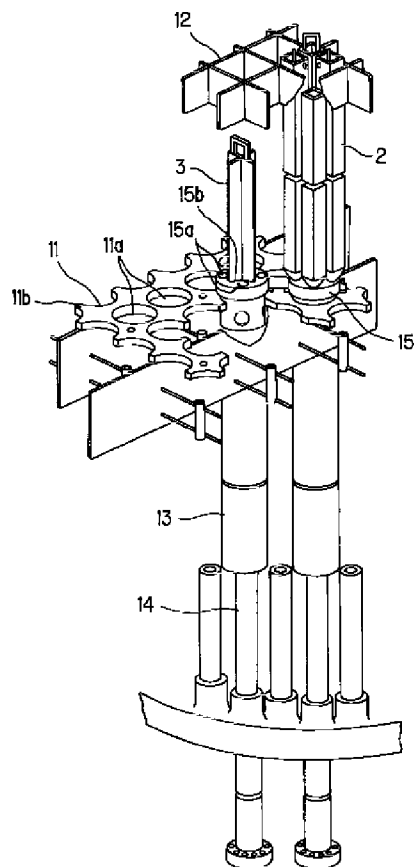
【図15】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I
G 2 1 C 3/32

(参考)

P

(72)発明者 野島 宏之
神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 石橋 文彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内